



(19)

(11) Publication number:

63142212 /

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 61288954

(51) Intl. Cl.: G01C 11/00 G01B 11/00

(22) Application date: 05.12.86

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 14.06.88(84) Designated
contracting states:

(71) Applicant: RAITORON KK

(72) Inventor: EGUCHI MITSUO

(74) Representative:

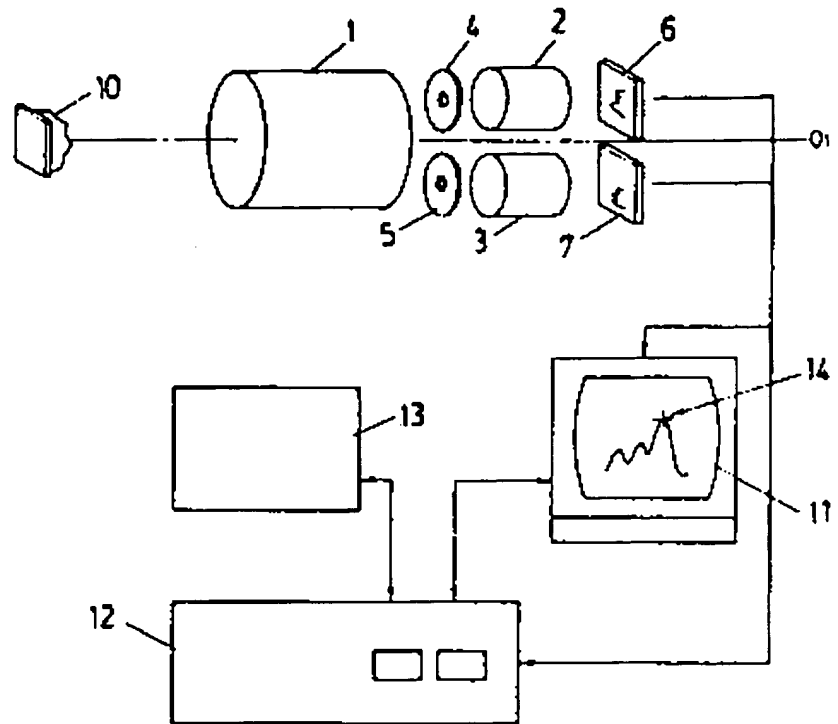
(54) METHOD AND
APPARATUS FOR
MEASURING THREE-
DIMENSIONAL POSITION

(57) Abstract:

PURPOSE: To measure the three-dimensional position of an object point in a non-contact manner with high accuracy, by providing a first optical system and second and third telecentric optical systems having the same focal distance respectively parallel symmetrically within the same plane so as to interpose the optical axis of the first optical system therebetween.

CONSTITUTION: An objective lens 1 and image forming lenses 2, 3 respectively the same in a focal distance having optical axes parallel so as to hold symmetric positions in the same plane in a state

interposing the optical axis of the lens 1 therebetween are arranged so that the rear side focal plane of the lens 1 coincides with the front side focal planes of the lenses 2, 3. Irises 4, 5 having a small caliber are provided to the peripheries of the front side focuses of the lenses 2, 3 and image sensors 6, 7 are provided in the vicinity of the rear side focuses of the lenses 2, 3 at the equal distance from the lenses 2, 3 so as to cross the optical axes of the lenses 2, 3 at a right angle. Then, the output signals from the sensors 6, 7 are displayed on a display device 11 and inputted to a control apparatus 12 to perform predetermined operational processing. By this method, when the required point of the figure on CRT 11 is designated by a cursor 14, the three-dimensional coordinates of said point can be easily measured and the three-dimensional comparison of a product with a standard work can be performed.



COPYRIGHT: (C)
1988,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-142212

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)6月14日

G 01 C 11/00
G 01 B 11/00

7119-2F
A-7625-2F

審査請求 有 発明の数 3 (全9頁)

⑮ 発明の名称 3次元位置計測方法及びその装置

⑯ 特 願 昭61-288954

⑰ 出 願 昭61(1986)12月5日

⑱ 発 明 者 江 口 満 男 埼玉県大宮市吉野町1丁目20番地2 ライトロン株式会社
内

⑲ 出 願 人 ライトロン株式会社 埼玉県大宮市吉野町1丁目20番地2

⑳ 代 理 人 弁理士 大 澤 敬

明 細 書

1. 発明の名称

3次元位置計測方法及びその装置

2. 特許請求の範囲

1 第1の光軸を有する第1の光学系と、該第1の光軸を挟んで同一平面内で対称的に平行する第2、第3の光軸を有するそれぞれ同一焦点距離のテレセントリックな第2、第3の光学系とを、上記第1の光学系の後側焦平面を上記第2、第3の光学系の前側焦平面に一致させて配置し、計測すべき物点の上記第1、第2及び第1、第3の光学系による像点のそれぞれの原点からの座標から、上記物点の3次元位置座標を算出することを特徴とする3次元位置計測方法。

2 第1の光軸を有する第1の光学系と、該第1の光軸を挟んで同一平面内で対称的に平行する第2、第3の光軸を有し、上記第1の光学系の後側焦平面位置に前側焦平面を一致させたそれぞれ同一焦点距離の第2、第3の光学系と、該第2、第3の光学系の前側焦点の周辺に設けられ、該第2、

第3の光学系をテレセントリックにする第2、第3の絞りと、上記第2、第3の光学系の後側焦点の近傍に設けた第2、第3の光電変換センサと、該第2、第3の光電変換センサからの出力信号を演算処理する演算手段とを設けたことを特徴とする3次元位置計測装置。

3 第1の光軸を有する第1の光学系と、該第1の光軸を挟んで同一平面内で対称的に平行する第2、第3の光軸を有し、上記第1の光学系の後側焦平面位置に前側焦平面を一致させたそれぞれ同一焦点距離の第2、第3の光学系と、該第2、第3の光学系の前側焦点の周辺に設けられ、該第2、第3の光学系をテレセントリックにする第2、第3の絞りと、上記第2、第3の光学系の後側焦点の近傍に設けた第2、第3の光電変換センサと、該第2、第3の光電変換センサからの出力信号を演算処理する演算手段と、計測すべき物体を照射する光スポットの走査を行うスキヤナとを設けたことを特徴とする3次元位置計測装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、非接触で物点の3次元位置座標を検出する3次元位置計測方法及びその装置に関する。

〔従来の技術〕

従来、物体の3次元位置を計測するには、物体との接触を検知するプローブとXYZステージとの組合せにより、プローブと物体との接触点を検知するか、あるいはスタイラス先端で物体の表面をならつて移動させることにより物体上の各点の座標値を求めていた。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら、このような従来の3次元位置計測方法にあつては、いずれも物体に接触することにより計測を行つてゐるので、柔軟な物体や接触不能な物体の3次元位置計測ができず、前者にあつてはXYZステージの機械的移動が必要になるので、機械的な精度に伴う計測誤差発生の恐れがあり、後者にあつてはスタイラス先端が球状をなしているため、物体の微細構造の計測は不可能で

平行する第2、第3の光軸を有し、第1の光学系の後側焦平面に前側焦平面を一致させたそれぞれ同一焦点距離の第2、第3の光学系と、これら第2、第3の光学系の前側焦点の周辺に設けられ、第2、第3の光学系をテレセントリックにする第2、第3の絞りと、第2、第3の光学系の後側焦点の近傍に設けた第2、第3の光電変換センサと、これら第2、第3の光電変換センサからの出力信号を演算処理する演算手段とを設けたものである。

さらに、第3の発明は、第2の発明に加えて、被計測物を照射する光スポットの走査を行うスキヤナを設けたものである。

ここで、焦平面とは焦点を含んで光軸に直交する平面を意味する。

〔作用〕

上記のように構成した3次元位置計測装置により、第2、第3の光電変換センサ上の像点の位置を、それぞれの原点からの座標値として読み取り、この値を所定の算出式に投入して演算手段により処理することにより、物点の3次元位置を知るこ

ると共に、計測速度も高速化することは極めて困難であつた。

この発明は、このような従来の問題点を解決し得る3次元位置計測方法及びその装置を提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

そのため、この発明による3次元位置計測方法及びその装置は、第1の発明では、第1の光軸を有する第1の光学系と、この第1の光軸を挟んで同一平面内で対称的に平行する第2、第3の光軸を有するそれぞれ同一焦点距離のテレセントリックな第2、第3の光学系とを、第1の光学系の後側焦平面を第2、第3の光学系の前側焦平面に一致させて配置し、計測すべき物点の第1、第2及び第1、第3の光学系による像点のそれぞれの原点からの座標から、物点の3次元位置座標を算出するものである。

また、第2の発明は第1の発明を実施するための装置であつて、第1の光軸を有する第1の光学系と、第1の光軸を挟んで同一平面内で対称的に

とができる。

また、物体の計測点を照射する光スポットをスキヤナにより走査すれば、物体の3次元座標を高速度でサンプリングすることができる。

〔実施例〕

以下、添付図面を参照してこの発明による計測方法及びその装置を具体的に説明するが、この発明の説明に先立ち、3次元空間の点の一般的な表示方法について簡単に説明する。

原点からの座標 x 、 y 、 z を有する3次元空間の点 $P(x, y, z)$ を4次元量 $P(X, Y, Z, H)$ を用いて表す。

ここで、

$$x = \frac{X}{H}, \quad y = \frac{Y}{H}, \quad z = \frac{Z}{H}$$

であり、 $H=0$ の時は ∞ の点を表している。例えば、 $P(2, 3, 4, 1)$ 及び $P(4, 6, 8, 2)$ は同じ点 $P(2, 3, 4)$ を表し、 $P(1, 0, 0, 0)$ は $x=y=z=\infty$ の点を表す。

説明を簡単にするために、以下に述べる光学系

は曲率半径に比して厚さがきわめて薄いレンズ系であり、その前側主点と後側主点とは共にレンズの中心すなわち光心に一致し、前側焦点距離は後側焦点距離に等しいものと仮定する。

一般に、原点Oの3次元空間の点P (0 y z 1) を第4図に示すような焦点距離fの光学系1によつて原点O'の像空間に結像させた時、その像点をP' (0 y' z' h') とすると、メリディオナル面内では点P (0 y z 1) と P' (0 y' z' h') との間には

$$(0 y' z' h') = (0 y z 1) T$$

$$T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -f^2 & 0 \end{pmatrix} \quad (a)$$

なる関係が成立する。

また、一般の点P (x y z 1) の変換は

$$\Psi = R T R^{-1} \quad (b)$$

で表される。

但し、Rは回転マトリックスを示し、

$$R = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (c)$$

$$R^{-1} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (d)$$

ここで、

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

(a), (c), (d) 式を (b) に代入すると

$$\Psi = \begin{pmatrix} f \sin^2 \theta & f \sin \theta \cos \theta & 0 & 0 \\ f \sin \theta \cos \theta & f \cos^2 \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -f^2 & 0 \end{pmatrix} \quad (e)$$

となり、これから一般の点P (x y z 1) の変換は (x' y' z' h') = (x y z 1) \Psi (e') となる。

ここで、一般の光学系における焦点外れの時の像点の位置を第5図を用いて考察すると、焦点合致時の像点P'は、後ピン状態では像Aに、前ピン状態では像Bになり、像面が広がると共に、その主光線の位置、すなわち像A, Bの中心P', P''のx'座標及びy'座標も変化することが分る。

一方、テレセントリック光学系においては、第6図に示すように、像側の主光線が光学系の光軸に平行しているので、焦点のずれを無視すれば像P'の重心座標(x' y')はx' y'平面への正投影と考えることができる。

この場合、z'情報が失なわれてもx', y'情報は失なわれない。

光学系をテレセントリックにする方法はいくつかあるが、通常用いられるもっとも簡単な方法は、第7図に示すように、光学系1の前側焦点Fの位置に絞り4を配置し、その絞り4をできるだけ絞ることによつて実現できる。

このようなテレセントリックな光学系による投影のように点P (x y z 1) を z = n 平面の点P'へ正投影した場合を考えると

$$P (x y z 1) \rightarrow P' (x y n 1)$$

であるので、その変換マトリックスSは

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n & 1 \end{pmatrix} \quad (f)$$

で表現される。

したがって、テレセントリックな光学系による3次元空間の点Pの焦点面への投影は(e)式に示す変換\Psiと(f)式に示す変換Sとの合成として表現されることになり、焦点面をz' = 0とすると、

$$\Psi S = \begin{pmatrix} f \sin^2 \theta & f \sin \theta \cos \theta & 0 & 0 \\ f \sin \theta \cos \theta & f \cos^2 \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -f^2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

から

$$\Psi S = \begin{pmatrix} f s^2 & f s c & 0 & 0 \\ f s c & f c^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

但し $s = \sin \theta$, $c = \cos \theta$,

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

この(1)式から3次元物点Pが焦点面上のいかなる点に変換されるかを知ることができる。

逆に、焦点面上の点を与えられた場合物点の3次元位置を見出す方法について考える。

第8図に示すように第2の光軸O₂を有する距離f₂のテレセントリックな第2の光学系2と、

この第2の光軸 O_2 に距離 $2B$ だけ隔てて平行する第3の光軸を有する焦点距離 f_3 のテレセントリックな第3の光学系 Σ_3 とを設けて第2, 第3の光学系 Σ_2, Σ_3 の前側焦点 F_2, F_3 が第2, 第3の光軸 O_2, O_3 に直交するようにしてこれらの前側焦点 F_2, F_3 の Z 座標を一致させ、物点側3次元空間の原点 O を前側焦点 F_2, F_3 を結ぶ線 F_2, F_3 の中点にとる。

また、第2, 第3の光学系 Σ_2, Σ_3 の後側焦点位置に第2, 第3の平面 Σ_2, Σ_3 を光軸 O_2, O_3 に直交して設け、3次元空間の点 $P(x, y, z)$ の第2, 第3の平面 Σ_2, Σ_3 への投影座標 x_2', y_2', θ_2 及び x_3', y_3', θ_3 を(1)式を用いて展開すると、

$$\left. \begin{aligned} x_2' &= \frac{1}{z} \{ (x+B)f_2 \sin^2 \theta_2 + y f_2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 \} \\ y_2' &= \frac{1}{z} \{ (x+B)f_2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 + y f_2 \cos^2 \theta_2 \} \\ \theta_2 &= \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y}{x+B} = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_2'}{x_2'} \end{aligned} \right\} (2)$$

$$c_2 = \cos \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_2'}{x_2'} \right)$$

が得られる。

すなわち、像点 (x_2', y_2') 及び (x_3', y_3') が与えられると、(4)式により s_2, c_2, s_3, c_3 が求められ、これらの値と既知の値 f_2, f_3, B とから方程式(3)を用いて点 $P(x, y, z)$ の3次元座標 x, y, z を求めることができる。

この時、未知数3個に対して方程式は4組あるので、最適あてはめを行つて点 P の位置座標 x, y, z を求める必要がある。

次に、(2)式において、物点の x, y 座標を一定に保つて z 座標だけを変化させた時の像点の座標の変化を調べると、

$$\frac{\partial x_2'}{\partial z} = -\frac{1}{z^2} \{ (x+B)f_2 \sin^2 \theta_2 + y f_2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 \} \quad (5)$$

$$\frac{\partial y_2'}{\partial z} = -\frac{1}{z^2} \{ (x+B)f_2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 + y f_2 \cos^2 \theta_2 \} \quad (6)$$

(5), (6)式において()内は x, y 及

$$\left. \begin{aligned} x_3' &= \frac{1}{z} \{ (x-B)f_3 \sin^2 \theta_3 + y f_3 \sin \theta_3 \cos \theta_3 \} \\ y_3' &= \frac{1}{z} \{ (x-B)f_3 \sin \theta_3 \cos \theta_3 + y f_3 \cos^2 \theta_3 \} \\ \theta_3 &= \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y}{x-B} = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_3'}{x_3'} \end{aligned} \right\}$$

となる。

これを未知数 x, y, z についての方程式の形に直すと

$$\left. \begin{aligned} (f_2 s_2^2) \cdot x + (f_2 s_2 c_2) \cdot y - (x_2') \cdot z &= -B f_2 s_2^2 \\ (f_2 s_2 c_2) \cdot x + (f_2 c_2^2) \cdot y - (y_2') \cdot z &= -B f_2 s_2 c_2 \\ (f_3 s_3^2) \cdot x + (f_3 s_3 c_3) \cdot y - (x_3') \cdot z &= B f_3 s_3^2 \\ (f_3 s_3 c_3) \cdot x + (f_3 c_3^2) \cdot y - (y_3') \cdot z &= B f_3 s_3 c_3 \end{aligned} \right\} (3)$$

但し、

$$\left. \begin{aligned} s_2 &= \sin \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_2'}{x_2'} \right) \\ c_2 &= \cos \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_2'}{x_2'} \right) \\ s_3 &= \sin \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_3'}{x_3'} \right) \end{aligned} \right\} (4)$$

び B で決まる定数であるのでこれをそれぞれ K_1, K_2 及び K_3, K_4 とすると

$$\Delta x_2' = -\frac{K_1}{z^2} \cdot \Delta z \quad (7)$$

$$\Delta y_2' = -\frac{K_2}{z^2} \cdot \Delta z \quad (8)$$

ここで、 $x=y=0$ の場合を考えると、

$$K_1 = B f_2, K_2 = 0$$

であるので

$$\Delta x_2' = -\frac{B f_2}{z^2} \cdot \Delta z \quad (9)$$

$$|\Delta z| = \frac{z^2}{B f_2} \cdot |\Delta x_2'| \quad (10)$$

第2, 第3の平面 Σ_2, Σ_3 に配する光電変換センサであるCCDやPSD等のイメージセンサの分解能を ϵ とすると計測誤差 $|\Delta z|$ は

$$|\Delta z| = \frac{z^2}{B f_2} \cdot |\Delta x_2'| \quad (11)$$

となり、精度 $1/|\Delta z|$ は z の自乗に逆比例することが分る。

このように、位置測定精度が測定しようとする物点Pの位置によつて変化することは望ましくない。

上記の欠点を回避するには、第9図に示すように第2、第3のテレセントリックな光学系2、3を同一のものとし、両光学系の前側焦点を一致させると共に第2、第3の光学系2、3の前側焦点 F_2 、 F_3 の中点Oに後側焦点を有する第1の光学系1を配して第1の光軸 O_1 を挟んで第2、第3の光軸 O_2 、 O_3 が同一平面内で対称となるようにすればよい。

このような構成からなる第9図において、第1の光学系1の焦点距離を f_1 とし、この第1の光学系1による第1の光軸 O_1 上の点P(z)の像を像点 P_1' (z')とすると、レンズに関するニュートンの公式から

$$z' = -\frac{f_1^2}{z} \quad (12)$$

さらに、(11)の式から像点 P_1' における検出精度として、

等のイメージセンサ6、7上にはレーザ光等で照明された物点Pの像が主光線を中心とする光分布の形となつて投影される。

ここで、イメージセンサ6、7がPSDの場合には光分布の重心が自動的に検出されるが、CCDの場合は演算回路を介してその中心を決定すればよい。

したがつて、第1図に示す光学系において計測すべき物体10の三次元座標P(x, y, z)を計測するには、まずイメージセンサ6、7上の像点 P_1' 、 P_2' の座標 x_1' 、 y_1' 、 x_2' 、 y_2' を検出し、方程式(A)を解いて点 P_1' (x' 、 y' 、 z')を求める。

$$\left. \begin{aligned} (f_1 S_1^2) x' + (f_1 S_1 C_1) y' - (x_1') z' &= -B f_1 S_1^2 \\ (f_1 S_1 C_1) x' + (f_1 C_1^2) y' - (y_1') z' &= -B f_1 S_1 C_1 \\ (f_2 S_2^2) x' + (f_2 S_2 C_2) y' - (x_2') z' &= -B f_2 S_2^2 \\ (f_2 S_2 C_2) x' + (f_2 C_2^2) y' - (y_2') z' &= -B f_2 S_2 C_2 \end{aligned} \right\} (A)$$

但し、

$$S_1 = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_1'}{x_1'}\right)$$

$$| \Delta z' | = \frac{z'^2}{B f_1} \quad (13)$$

が得られる。

(12)式を微分してこれに(13)式を代入すると

$$| \Delta z | = \frac{f_1^2}{B f_1} \quad (14)$$

(14)式から分るように、このような光学系による計測精度は、第1、第2、第3の光学系1、2、3の特性と配置並びにイメージセンサの分解能 ϵ で決定され、測定しようとする物点Pの位置に無関係となる。

さらに、 x 方向及び y 方向については、その結像特性からのその計測誤差が物点の位置に依存しないことは明らかである。

第9図に示す光学系において、第1図に示すように第2、第3の光学系2、3の前側焦点位置に第2、第3の絞り4、5を設けて通過する光束を制限すると、第2、第3の平面上に設けられたPSD(ポジシヨン・センシティブ・デバイス)やCCD(チャージ・カップルド・デバイス)

$$C_1 = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_1'}{x_1'}\right)$$

$$S_2 = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_2'}{x_2'}\right)$$

$$C_2 = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y_2'}{x_2'}\right)$$

次に P_1' (x' 、 y' 、 z')を方程式(B)に代入して物点Pの3次元位置座標を求めると、

$$\left. \begin{aligned} x &= -\frac{f_1}{z'} \cdot S' (S' x' + C' y') \\ y &= -\frac{f_1}{z'} \cdot C' (S' x' + C' y') \\ z &= -\frac{1}{z'} \cdot f_1^2 \end{aligned} \right\} (B)$$

但し、

$$S' = \sin \theta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y'}{x'}\right)$$

$$C' = \cos \theta = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{y'}{x'}\right)$$

となる。

方程式(A)は式(3)から、方程式(B)は式(e')を展開して導出されたものである。

すなわち、第2、第3のイメージセンサ6、7上の像点 P_2' 、 P_3' の座標 (x_2', y_2') 、 (x_3', y_3') を検出し、これから方程式(A)を解いて像点 P_1' の座標 (x', y', z') を求め、その値を(B)式に代入すれば、3次元空間の点Pの座標 (xyz) を知ることができる。

この場合、計測精度 Δ はイメージセンサ6、7の分解能を ϵ とすると、

$$\Delta = \frac{f_1}{B f_2} \cdot \epsilon$$

となる。

実際の計測に際しては、物体の一部にレーザ光を照射して光スポットを形成し、マニュアルでこの光スポットを物体上の所要の位置へ移動させて、その点の3次元位置情報を得る方法や、光スポットをスキヤナで走査してデータファイル $((x_2', y_2'), (x_3', y_3'))$ に

さらに、イメージセンサ6、7からの出力信号を観察用のブラウン管11に表示すると共にCPUを備えた制御装置12に入力して所定の演算処理をさせ、この制御装置12をブラウン管11及び制御盤13に接続する。

このように構成した顕微鏡装置によれば、ブラウン管11上の図形の所要の点をカーソル14で指定することにより、その点の3次元座標を容易に計測することができると共に、製品と標準ワークとの3次元比較を行うことも可能である。

なお、ブラウン管11上の点をライトペンで指定してもよい。

次に、第3図はこの発明を3次元デジタイザに適用した他の実施例を示すもので、第1の光学系1の背後に可視光をカットして赤外等のレーザ光だけを反射するミラー15a、15b、16a、16bを配してその反射光線を、第1の光軸 O_1 を挟んで同一平面内で対称位置を保って平行する第2、第3の光軸 O_2 、 O_3 を有するそれぞれ同一焦点距離の第2、第3の光学系2、3に導入し

得、これを3次元ファイル $((xyz))$ に変換して3次元物体の形状情報を得る方法等、幅広い各種の応用例が考えられる。

ここで、この発明による3次元位置計測装置の若干の実施例を示す。

第2図は、この発明を例えばデジタル実体顕微鏡装置に適用した一実施例を示すもので、第1の光学系である対物レンズ1と、その光軸を挟んで同一平面上で対称位置を保って平行する光軸を有するそれぞれ同一焦点距離の第2、第3の光学系である結像レンズ2、3とを、対物レンズ1の後側焦平面を結像レンズ2、3の前側焦平面に一致させて配置する。

結像レンズ2、3の前側焦点の周辺に口径の小さい絞り4、5をそれぞれ設けて結像レンズ2、3をテレセントリックな光学系となし、これらの結像レンズ2、3の後側焦点の近傍にCCDからなる第2、第3のイメージセンサ6、7をそれぞれの結像レンズ2、3から等距離に光軸に直交して設ける。

得るようにし、第1の光学系1の後側焦平面を第2、第3の光学系2、3の前側焦平面に一致させて配置する。

そして、第2、第3の光学系2、3の前側焦点の周辺に絞り4、5を配してこれらの光学系2、3をテレセントリックな光学系となし、その後側焦点の近傍にPSDからなる第2、第3のイメージセンサ6、7をそれぞれの光軸 O_2 、 O_3 に直交して第2、第3の光学系2、3から等距離の位置に設ける。

また、第1の光学系1の後方の同一光軸 O_1 上に投光レンズ17を設け、この投光レンズ17の後方にハーフミラー18を斜設し、その背後にモニタ用のCCDからなるイメージセンサ19を設ける。

さらに、ハーフミラー18に対応して光スポットの走査を行うスキヤナを構成する角度可変のスキヤナミラー20を設け、その背後に集光レンズ21及びレーザダイオード22を配し、このレーザダイオード22から発する赤外光が集光レンズ

21により集光されスキャンミラー20、ハーフミラー18で反射され、投光レンズ17及び第1の光学系1を介して物体10の点Pに達するようにしている。

点Pで反射したレーザ光は第1の光学系1、投光レンズ17及びハーフミラー18を通つてイメージセンサ19上に結像して図示しないブラウン管上でモニタできる。

同時に、第1の光学系1を通過したレーザ光はミラー15a、15b及び16a、16bによつて第2、第3の光路 O_1 、 O_2 上を進み、絞り4、5を通り、第2、第3の光学系2、3によつて第2、第3のイメージセンサ6、7上に像点 P_1 、 P_2 を形成し、その点 x_1 、 y_1 及び x_2 、 y_2 から(A)式及び(B)式を用いて物点Pの3次元座標 x 、 y 、 z を求めることができる。

この時、スキャンミラー20の角度を自動又は手動で連続的に変更すれば物体10の3次元座標を高速にサンプリングすることが可能となる。

ことが可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の光学系を示す構成図、

第2図はこの発明による3次元位置計測装置の一実施例の構成図、

第3図は他の実施例の構成図、

第4図は一般の光学系による3次元空間の点と像点との関係を示す説明図、

第5図は一般の光学系の焦点外れ状態を示す光路図、

第6図はテレセントリック光学系の像の状態を示す光路図、

第7図は光学系をテレセントリックにする絞りの作用を示す光路図、

第8図はこの発明の光学系の後半部のみを示す構成図、

第9図はこの発明の計測方法の原理を示す説明図である。

1…第1の光学系 2…第2の光学系
3…第3の光学系 4…第2の絞り

〔発明の効果〕

以上述べたように、この発明による3次元位置計測方法及びその装置は、その第1、第2の発明では、第1の光軸を有する第1の光学系と、第1の光軸を挟んで同一平面内で対称的に平行する第2、第3の光軸を有するそれぞれ同一焦点距離のテレセントリックな第2、第3の光学系とを、第1の光学系の後側焦平面を第2、第3の光学系の前側焦平面に一致させて配置させて配置し、計測すべき物点の第1、第2及び第1、第3の光学系による像点のそれぞれの原点からの座標から、物点の3次元位置座標を算出するようにしたので、非接触で極めて簡単な操作により高精度に、物点の3次元位置を計測することができる。

また、必要とあれば、計測装置に機械的な作動部分を設けなくてすみ、可動部の機械的誤差に伴う計測精度の誤差を皆無にすることができる。

さらに、第3の発明によれば、第2の発明に加えて光スポットの走査を行うスキャナを設けて、物体の3次元位置座標を高速にサンプリングする

5…第3の絞り 6…第2のイメージセンサ
7…第3のイメージセンサ 10…物体
11…ブラウン管 12…制御装置
13…ダブレット 14…カーソル
15a、15b、16a、16b

…可視光をカットするミラー

17…投光レンズ 18…ハーフミラー
19…イメージセンサ 20…スキャンミラー
21…集光レンズ 22…レーザダイオード

f_1 …第1の光学系の焦点距離

f_2 …第2、第3の光学系の焦点距離

O_1 …第1の光軸 O_2 …第2の光軸

O_3 …第3の光軸

2B…第2、第3の光軸間の距離

P…物点 P_1 …第1の光学系による像点

P_2 …第2のイメージセンサ上の像点

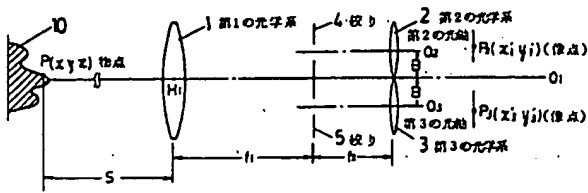
P_3 …第3のイメージセンサ上の像点

出願人 ライトロン株式会社

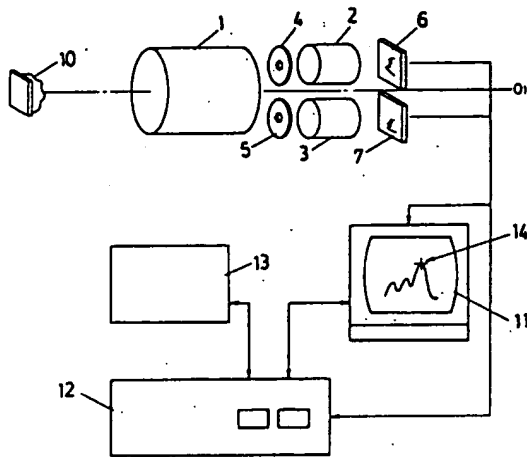
代理人 弁理士 大澤 敏



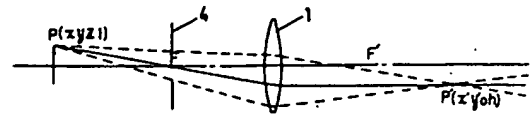
第 1 図



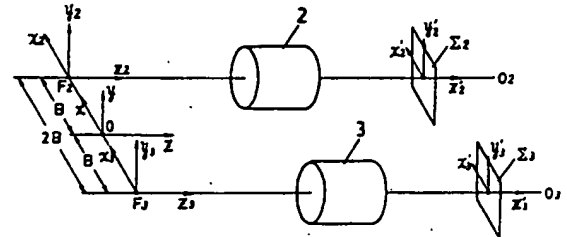
第 2 図



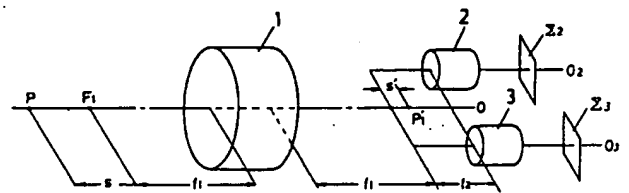
第 7 図



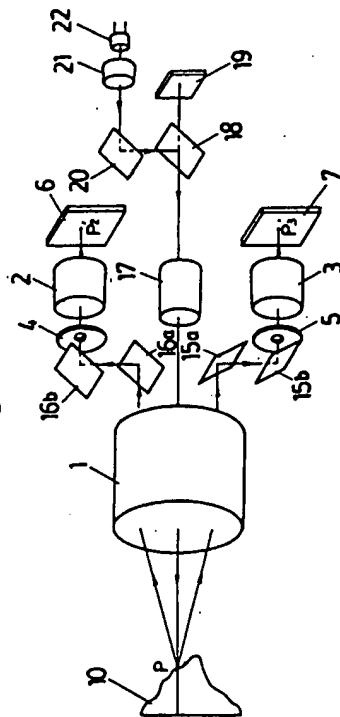
第 8 図



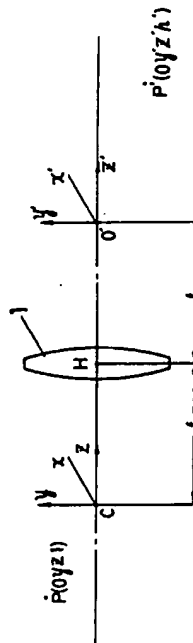
第 9 図



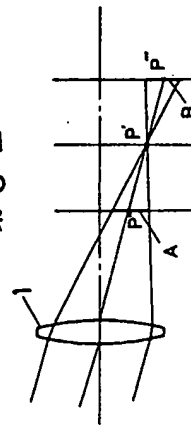
第 3 図



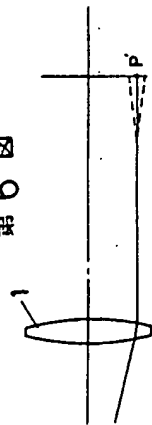
第 4 図



第 5 図



第 6 図



手続補正書(自 発)

昭和62年1月13日

特許庁長官 黒田明雄 殿



1. 事件の表示

特願昭61-288954号

2. 発明の名称

3次元位置計測方法及びその装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

埼玉県大宮市吉野町1丁目20番地2

ライトロン株式会社

4. 代理人 (電話986-2380)

東京都豊島区東池袋1丁目20番地5

池袋ホワイトハウスビル818号

井理士(8093) 大澤 敬

方式
審査

5. 補正の対象

(1) 明細書の発明の詳細な説明の欄

(2) 図面

6. 補正の内容

(1) 明細書第14頁第17~18行の

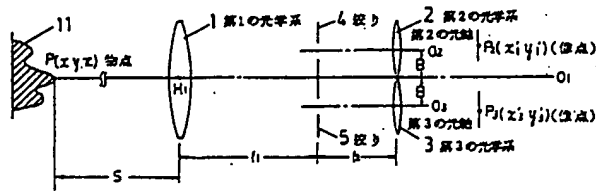
$$| \Delta z | = \frac{z^2}{B f_s} \cdot | \Delta \alpha_s | \quad (11)'$$

を次のように補正する。

$$| \Delta z | = \frac{z^2}{B f_s} \cdot \alpha \quad (11)''$$

(2) 図面の第1図及び第4図を別紙の通り補正する。

第1図



第4図

